

### III-GROUP NITRIDE-BASED COMPOUND SEMICONDUCTOR ELEMENT

Patent Number: JP2000188421  
Publication date: 2000-07-04  
Inventor(s): KAMIMURA TOSHIYA; NAGASAKA NAOHISA  
Applicant(s): TOYODA GOSEI CO LTD  
Requested Patent: JP2000188421  
Application Number: JP19980362989 19981221  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01L33/00  
EC Classification:  
Equivalents:

---

#### Abstract

---

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To prevent the peeling-off of a protective film and the corrosion of a translucent thin-film positive electrode, etc.

**SOLUTION:** By metallic depositions, a translucent thin-film positive electrode 110 is formed on a contact layer 107, and a negative electrode 140 is formed on an n+ layer 103. The translucent thin-film positive electrode 110 comprises a first translucent thin-film positive cobalt (Co) electrode layer 111 having its film thickness of about 15  $\mu\text{m}$  and joined to the contact layer 107, and a second translucent thin-film positive gold (Au) electrode layer 112 having its film thickness of about 60  $\mu\text{m}$  and joined to Co. In the vicinity of the translucent thin-film positive electrode 110, very small connection holes 160 are provided to make thereby directly connectable a protective layer 130 and the III-group nitride-based contact layer 107. Since both the layers 130, 107 are equally made of ceramics to be adhered very well to each other, the protective layer 130 is connected firmly with the contact layer 107 via the very small connection holes 160. Thereby, the protective layer 130 is made hard to be peeled off from the contact layer 107, and the corrosion of the electrode 110, etc., are prevented.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-188421

(P2000-188421A)

(43) 公開日 平成12年7月4日(2000.7.4)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テマコード(参考)

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

C 5 F 0 4 1

E

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平10-362989

(22) 出願日

平成10年12月21日(1998. 12. 21)

(71) 出願人

000241463

豊田合成株式会社

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地

(72) 発明者

上村 俊也

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地 豊田合成株式会社内

(72) 発明者

長坂 尚久

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地 豊田合成株式会社内

(74) 代理人

100087723

弁理士 藤谷 修

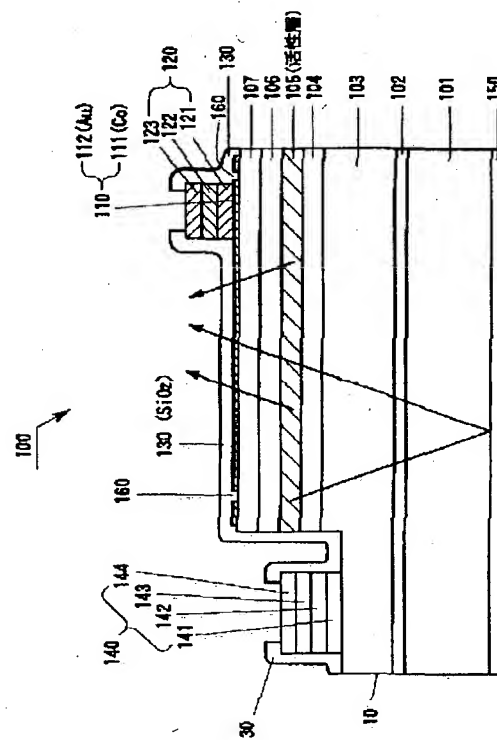
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 III族窒化物系化合物半導体素子

(57) 【要約】

【課題】 保護膜の剥離や透光性薄膜正電極の腐食等を防止する。

【解決手段】 コンタクト層107の上には金属蒸着による透光性薄膜正電極110が、 $n^+$ 層103上には負電極140が形成されている。透光性薄膜正電極110は、コンタクト層107に接合する膜厚約15Åのコバルト(Co)より成る薄膜正電極第1層111と、Coに接合する膜厚約60Åの金(Au)より成る薄膜正電極第2層112とで構成されている。透光性薄膜正電極110の周近傍には、微小接続孔160が配列されている。この微小接続孔160を設けることにより、保護膜層130とIII族窒化物系のコンタクト層107とを直接接続できる。この両層は、同じセラミックス同士なので非常に密着性が良く、この保護膜層130とコンタクト層107とは、微小接続孔160を通して強固に接続されるので、保護膜層130の剥離が発生しにくくなり、電極の腐食等が防止される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 III族窒化物系化合物半導体から成る層が基板上に積層され、p型半導体側のコンタクト層と保護膜層との間に透光性薄膜正電極が形成されている半導体発光素子において、前記透光性薄膜正電極に形成された微小接続孔を介して前記コンタクト層と前記保護膜層とを直接接続したことを特徴とする III族窒化物系化合物半導体素子。

【請求項2】 前記微小接続孔は、前記透光性薄膜正電極の周近傍にこの周に沿って複数個並べられていることを特徴とする請求項1に記載の III族窒化物系化合物半導体素子。

【請求項3】 前記微小接続孔は、前記周の角の近傍、又は、前記周の曲率半径の小さな一部分の近傍に、前記周の他の部分の近傍よりも、高い存在密度で設けられていることを特徴とする請求項2に記載の III族窒化物系化合物半導体素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、III族窒化物系化合物半導体から成る層が基板上に積層されている半導体発光素子に関し、透光性、絶縁性である保護膜層とp型半導体側のコンタクト層との間に透光性薄膜正電極が形成された、特に、クラック、剥離、腐食の起りにくいIII族窒化物系化合物半導体素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】図4に、従来技術によるワイヤー・ボンディング型の発光素子400の断面図を示す。101はサファイヤ基板、102はAlNバッファ層、103はn型のGa<sub>0.5</sub>N層、104はn型のGa<sub>0.5</sub>Nクラッド層、105は発光層、106はp型のAlGa<sub>0.5</sub>Nクラッド層、107はp型のGa<sub>0.5</sub>Nコンタクト層、110は電流をコンタクト層107の広範囲に拡散する透光性薄膜正電極、120はワイヤー・ボンディング用電極パッドとなる厚膜正電極、130は保護膜、140は多層構造の負電極である。

【0003】また、保護膜130は、透光性と絶縁性を持たせるために、SiO<sub>2</sub>等の酸化膜やSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>等の窒化膜から形成される。発光素子400は、ワイヤー・ボンディング実施後、発光素子上部（上記保護膜130側）から、各電極120、140の露出面及び保護膜130が、エポキシ樹脂で封止され、百数十度で硬化される。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記のようにエポキシ樹脂を硬化させた後に、発光素子400全体を室温に戻すと、熱収縮の結果、保護膜130に応力が加わり、残留する。この応力が残っている状態で、高負荷耐久試験（高温、高湿、大電流、長時間の駆動試験）を行うと、発光素子400の内部に発生する温度勾配に伴う更なる

応力が保護膜130に作用して、保護膜130の透光性薄膜正電極110との接触面が部分的に、透光性薄膜正電極110から剥離する。更に、この剥離した部分から水分が侵入すると、透光性薄膜正電極110が腐食したり、保護膜130が全体的に剥がれたりする原因となる。

【0005】本発明は、上記の課題を解決するために成されたものであり、その目的は、III族窒化物系化合物半導体素子における保護膜の剥離や透光性薄膜正電極の腐食等の不具合を防止することである。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するためには、以下の手段が有効である。即ち、第1の手段は、III族窒化物系化合物半導体から成る層が基板上に積層され、p型半導体側のコンタクト層と保護膜層との間に透光性薄膜正電極が形成されている半導体発光素子において、この透光性薄膜正電極に微小接続孔を形成し、この微小接続孔を介してコンタクト層と保護膜層とを直接接続することである。尚、上記の保護膜層には、酸化珪素、酸化チタン、酸化ジルコニウム、窒化珪素等から形成される、透光性を有する程度に膜厚の薄い、耐熱性と絶縁性とを兼ね備えたセラミック系の保護被膜などがある。

【0007】また、第2の手段は、上記の第1の手段において、上記の微小接続孔を透光性薄膜正電極の周近傍にこの周に沿って複数個並べることである。

【0008】また、第3の手段は、上記の第2の手段において、上記の微小接続孔を透光性薄膜正電極の周の角の近傍、又は、周の曲率半径の小さな一部分の近傍に、この周の他の部分の近傍よりも高い存在密度で設けることである。以上の手段により、前記の課題を解決することができる。

## 【0009】

【作用及び発明の効果】SiO<sub>2</sub>等の酸化膜あるいはSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>等の窒化膜と貴金属との積層時の密着性は、比較的乏しいため、上記の発光素子400では、保護膜の剥離や透光性薄膜正電極の腐食等の前記の不具合が発生していた。しかしながら、本発明の第1の手段によれば、上記の微小接続孔を設けることにより、保護膜層とIII族窒化物系のコンタクト層とを直接接続することが部分的に可能となる。この両者は、互いに同じセラミックス同士なので非常に密着性が良く、このため、この保護膜層とコンタクト層とは、上記の微小接続孔を通して強固に接続される。従って、保護膜層の剥離が発生しにくく、上記の不具合の発生が防止される。

【0010】また、本発明の第2の手段によれば、上記の微小接続孔が透光性薄膜正電極の周近傍にこの周に沿って複数個並べられるため、応力が集中し易い透光性薄膜正電極の周近傍を特に強固に補強することが可能となる。従って、剥離が最初に発生し易く、水分の入り口と

もなり易い透光性薄膜正電極の周近傍を特に強固に補強する本手段により、前記の不具合がより発生しにくくなる。

【0011】また、本発明の第3の手段によれば、上記の微小接続孔が透光性薄膜正電極の最も応力の集中し易い周の角の近傍、又は、周の曲率半径の小さな一部分の近傍に、上記の微小接続孔を比較的多く設けることができるため、上記の第2の手段による作用・効果をより効果的に引き出すことが可能となる。

#### 【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。図1に、本発明によるワイヤー・ボンディング型の半導体発光素子100の断面図を示す。サファイヤ基板101の上には窒化アルミニウム(AlN)から成る膜厚約200Åのバッファ層102が設けられ、その上にシリコン(Si)ドーブのGaNから成る膜厚約4.0μmの高キャリア濃度 $n^+$ 層103が形成されている。この高キャリア濃度 $n^+$ 層103の上にSiドーブの $n$ 型GaNから成る膜厚約0.5μmのクラッド層104が形成されている。そして、クラッド層104の上にGa

10

20

NとGa<sub>0.8</sub>In<sub>0.2</sub>Nから成る多重量子井戸構造(MQW)の膜厚約500Åの発光層105が形成されている。発光層105の上には $p$ 型Al<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>Nから成る膜厚約600Åのクラッド層106が形成されている。さらに、クラッド層106の上には $p$ 型GaNから成る膜厚約1500Åのコンタクト層107が形成されている。

【0013】又、コンタクト層107の上には金属蒸着による透光性薄膜正電極110が、 $n^+$ 層103上には負電極140が形成されている。透光性薄膜正電極110は、コンタクト層107に接合する膜厚約15Åのコバルト(Co)より成る薄膜正電極第1層111と、Coに接合する膜厚約60Åの金(Au)より成る薄膜正電極第2層112とで構成されている。図2、図3は、この透光性薄膜正電極110の平面図、及び、その部分的拡大図である。サファイヤ基板101、バッファ層102及び高キャリア濃度 $n^+$ 層103は、平面形状が略正方形の側壁10により、その側面が形成されている。透光性薄膜正電極110の周近傍には、図示する如く多数の微小接続孔160が配列されており、特に、丸みをおびた凸状の角A、B、C、D及びE付近では、微小接続孔160の設置密度が他の部分よりも高くなっている。

【0014】厚膜正電極120は、膜厚約175Åのパナジウム(V)より成る厚膜正電極第1層121と、膜厚約15000Åの金(Au)より成る厚膜正電極第2層122と、膜厚約100Åのアルミニウム(Al)より成る厚膜正電極第3層123とを透光性薄膜正電極110の上から順次積層させることにより構成されている。多層構造の負電極140は、膜厚約175Åのパナジウム(V)層141と、膜厚約1000Åのアルミニウ

50

ム(Al)層142と、膜厚約500Åのパナジウム(V)層143と、膜厚約5000Åのニッケル(Ni)層144と、膜厚8000Åの金(Au)層145とを高キャリア濃度 $n^+$ 層103の一部露出された部分の上から順次積層させることにより構成されている。また最上部には、SiO<sub>2</sub>膜より成る保護膜130が形成されている。

【0015】次に、この発光素子100の製造方法について説明する。上記発光素子100は、有機金属気相成長法(MOVPE法)による気相成長により製造された。用いられたガスは、アンモニア(NH<sub>3</sub>)、キャリアガス(H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>)、トリメチルガリウム(Ga(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>) (以下「TMG」と記す)、トリメチルアルミニウム(Al(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>) (以下「TMA」と記す)、トリメチルインジウム(In(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>) (以下「TMI」と記す)、シラン(SiH<sub>4</sub>)とシクロペンタジエニルマグネシウム(Mg(C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>) (以下「CP<sub>2</sub>Mg」と記す)である。まず、有機洗浄及び熱処理により洗浄した $a$ 面を主面とした単結晶の基板101をMOVPE装置の反応室に載置されたサセプタに装着する。次に、常圧でH<sub>2</sub>を反応室に流しながら温度1150℃で基板101をベーキングした。次に、基板101の温度を400℃まで低下させて、H<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>及びTMAを供給してAlNのバッファ層102を約200Åの膜厚に形成した。

【0016】次に、基板101の温度を1150℃にまで上げ、H<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、TMG及びシランを供給し、膜厚約4.0μm、電子濃度 $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のシリコン(Si)ドーブのGaNから成る高キャリア濃度 $n^+$ 層103を形成した。次に、基板101の温度を1100℃に保持し、N<sub>2</sub>又はH<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、TMG及びシランを供給して、膜厚約0.5μm、電子濃度 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のシリコン(Si)ドーブのGaNから成るクラッド層104を形成した。上記のクラッド層104を形成した後、結晶温度を850℃に降温し、N<sub>2</sub>又はH<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、TMG及びTMIを供給して、膜厚約500ÅのGa<sub>0.8</sub>In<sub>0.2</sub>Nから成る発光層105を形成した。

【0017】次に、基板101の温度を1000℃に昇温し、N<sub>2</sub>又はH<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、TMG、TMA及びCP<sub>2</sub>Mgを供給して、膜厚約500Å、マグネシウム(Mg)をドーブした $p$ 型Al<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>Nから成るクラッド層106を形成した。次に、基板101の温度を1000℃に保持し、N<sub>2</sub>又はH<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、TMG及びCP<sub>2</sub>Mgを供給して、膜厚約1000Å、Mgをドーブした $p$ 型Ga<sub>0.85</sub>In<sub>0.15</sub>Nから成るコンタクト層107を形成した。次に、コンタクト層107の上にエッチングマスクを形成し、所定領域のマスクを除去して、マスクで覆われていない部分のコンタクト層107、クラッド層106、発光層105、クラッド層104、 $n^+$ 層103の一部を塩素を含むガスによる反応性イオンエッチングによりエッチングして、 $n^+$ 層103の表面を露出させた。次に、以下の手順で、 $n^+$ 層103に接合する負電極140と、コンタクト層107に接

合する透光性薄膜正電極110とを形成した。

【0018】(1) 蒸着装置にて、 $10^{-6}$ Torrオーダ以下の高真空中に排気した後、表面に様に膜厚約15ÅのCoを成膜し、このCoより形成された薄膜正電極第1層111の上に膜厚約60ÅのAuより成る薄膜正電極第2層112を成膜する。

(2) 次に、表面上にフォトレジストを様に塗布して、フォトリソグラフィにより、コンタクト層107の上に積層する、図1、図2、図3に示した微小接続孔160を有する透光性薄膜正電極110の形成部分以外のフォトレジストを除去する。

【0019】(3) 次に、エッチングにより露出しているCo、Auを除去した後、フォトレジストを除去し、コンタクト層107上に透光性薄膜正電極110を形成する。この時、図1、図2、図3に示した微小接続孔160も同時に形成される。

(4) 次に、フォトレジストを塗布し、フォトリソグラフィにより $n^+$ 層103の露出面上の所定領域に窓を形成して、 $10^{-6}$ Torrオーダ以下の高真空中に排気した後、膜厚約175Åのパナジウム(V)層141と、膜厚約1000Åのアルミニウム(Al)層142と、膜厚約500Åのパナジウム(V)層143と、膜厚約5000Åのニッケル(Ni)層144と、膜厚約8000Åの金(Au)層145とを順次蒸着した。次に、フォトレジストを除去する。これにより $n^+$ 層103の露出面上に負電極140が形成される。

(5) その後、コンタクト層107と透光性薄膜正電極110とのコンタクト抵抗を低減させるための熱処理を行った。即ち、試料雰囲気真空ポンプで排気し、 $O_2$ ガスを供給して圧力10Paとし、その状態で雰囲気温度を約570℃にして、約4分程度加熱した。

【0020】上記の工程により形成された透光性薄膜正電極110上に、更に、厚膜正電極120を形成するために、フォトレジストを様に塗布して、厚膜正電極120の形成部分のフォトレジストに窓を開ける。その後、膜厚約175Åのパナジウム(V)層121と、膜厚約15000Åの金(Au)層122と、膜厚約100Åのアルミニウム(Al)層123とを透光性薄膜正電極110の上に順次蒸着により成膜させ、(4)の工程と同様にリフトオフ法により厚膜正電極120を形成する。その後、エレクトロンビーム蒸着により、上部に露出している最上層に様にSiO<sub>2</sub>より成る保護膜130を形成し、フォトレジストの塗布、フォトリソグラフィ工程を経て、厚膜正電極120および負電極140に外部露出部分ができるようにほぼ同面積の窓をそれぞれ一つづつウェットエッチングにより形成する。このようにして、発光素子100を形成した。

【0021】上記のように発光素子100を形成することにより、高負荷耐久試験(高温、高湿、大電流、長時

間の駆動試験)を行っても、保護膜130の透光性薄膜正電極110との接触面が部分的に、透光性薄膜正電極110から剥離することが無くなった。また、これにより、透光性薄膜正電極110が腐食したり、保護膜130が剥がれたりすることが無くなった。

【0022】尚、上記の実施例においては、微小接続孔160を透光性薄膜正電極110の周近傍に配列したが、微小接続孔は、透光性薄膜正電極の全面、或いは、任意の位置に配列しても良い。微小接続孔を透光性薄膜正電極に設けることにより、その近傍の保護膜とコンタクト層の接続強度が向上するため、その分、保護膜の剥離が起りにくくなり、本発明の効果をを得ることができる。

【0023】また、上記の実施例においては、微小接続孔160の口部形状は、略円形であったが、微小接続孔の口部形状は任意で良い。即ち、任意の口部形状の微小接続孔の設置によっても、本発明の作用・効果をを得ることができる。

【0024】また、微小接続孔の口部面積は、小さい方が、透光性薄膜正電極の本来の作用により電流をコンタクト層のより広い面に拡散することができるため、高発光光度を得る上でより望ましい。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による III族窒化物系化合物半導体素子の模式的断面図。

【図2】本発明による III族窒化物系化合物半導体素子の透光性薄膜正電極の平面図。

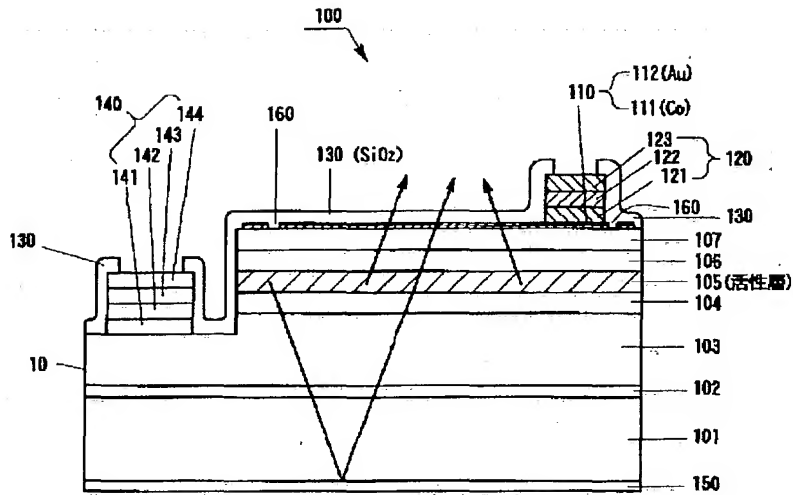
【図3】図2の平面図の部分的拡大図。

【図4】従来技術による III族窒化物系化合物半導体素子の模式的断面図。

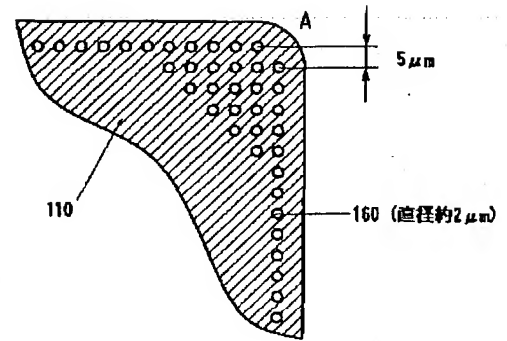
#### 【符号の説明】

101…サファイヤ基板  
102…AlNバッファ層  
103… $n$ 型のGa<sub>0.5</sub>N層  
104… $n$ 型のGa<sub>0.5</sub>Nクラッド層  
105…発光層  
106… $p$ 型のAlGa<sub>0.5</sub>Nクラッド層  
107… $p$ 型のGa<sub>0.5</sub>Nコンタクト層  
110…透光性薄膜正電極  
111…薄膜正電極第1層  
112…薄膜正電極第2層  
120…厚膜正電極  
121…厚膜正電極第1層  
122…厚膜正電極第2層  
123…厚膜正電極第3層  
130…保護膜  
140…多層構造の負電極  
160…微小接続孔

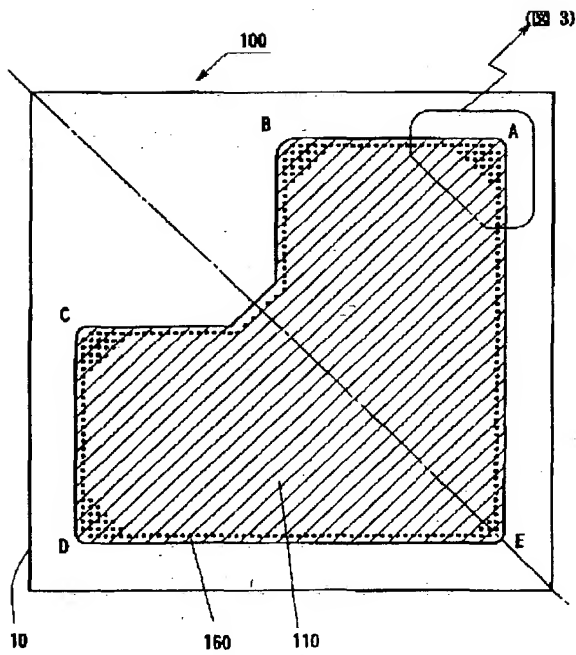
【図1】



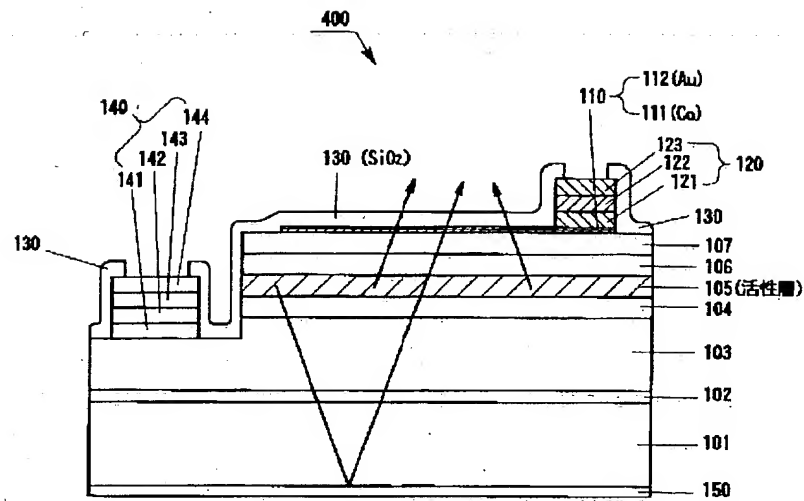
【図3】



【図2】



【図4】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F041 AA43 CA04 CA05 CA34 CA40  
CA46 CA65 CA74 CA83 CA88  
CA92 CB11